

Polish Academy of Sciences
University of Engineering and Economics in Rzeszów
University of Life Sciences in Lublin
Faculty of Production Engineering

MOTROL

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS
IN AGRICULTURE**

**AN INTERNATIONAL JOURNAL
ON OPERATION OF FARM
AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY**

Vol. 17, No 9

LUBLIN – RZESZÓW 2015

РАЗРАБОТКА ПЛАНЕТАРНЫХ ГИДРОМОТОРОВ ДЛЯ СИЛОВЫХ ГИДРОПРИВОДОВ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Анатолий Панченко, Анжела Волошина, Игорь Панченко

Таврический государственный агротехнологический университет

Пр. Б. Хмельницкого, 18, Мелитополь, Украина. E-mail: tia_tgata@bk.ru

Anatoliy Panchenko, Angela Voloshina, Igor Panchenko

Taurian Tavria State Agrotechnological University

B.Khmelnitsky Avenue, 18, Melitopol, Ukraine. E-mail: tia_tgata@bk.ru

Аннотация. Рассмотрены планетарные гидромоторы с различными выходными характеристиками, обусловленными конструктивными особенностями вытеснительного и распределительного блоков. Разработано семейство планетарных гидромоторов, состоящее из четырех унифицированных рядов серии ПРГ, представленное гидромоторами номинальной мощностью 33 кВт и рабочим объемом 800...1600 см³, мощностью 22 кВт и рабочим объемом 160...630 см³, мощностью 11 кВт и рабочим объемом 50...200 см³, мощностью 8 кВт и рабочим объемом 32...125 см³. Разработаны планетарные гидромоторы малой мощности, представленные двумя унифицированными рядами ПРГ-2 и ПРГ-7 с номинальной мощностью 2 кВт, рабочим объемом 12,5...50 см³ и мощностью 7 кВт, рабочим объемом 50...400 см³, соответственно. Разработан унифицированный ряд гидровращателей ГВП-18, номинальной мощностью 18 кВт и рабочим объемом 2500...8000 см³, а также унифицированный ряд гидромоторов ГГ-11, номинальной мощностью 11 кВт и рабочим объемом 32...80 см³. В зависимости от конструктивных особенностей гидромоторов, обусловленных их выходными характеристиками, разработанные гидромоторы различаются способами компенсации планетарного движения вытеснителей и распределения рабочей жидкости. Рассмотренные планетарные и героторные гидромоторы предназначены для гидрофикации приводов активных рабочих органов сельскохозяйственной, строительной, дорожной и др. мобильной техники, и способны обеспечить частоту вращения рабочего органа в диапазоне 0,5...6000 об/мин, при изменении мощности от 2 кВт до 33 кВт.

Ключевые слова: планетарный гидромотор, героторный гидромотор, внешнее зубчатое зацепление, карданная передача, внешний компенсирующий механизм, торцевое распределение, цапфенное распределение, непосредственное распределение, героторное распределение, рабочая жидкость.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Возрастающие масштабы производства мобильной техники делают особенно актуальным вопрос, гидрофикации приводов ее активных рабочих органов [1, 2] и как следствие, расширение номенклатуры высокомоментных низкооборотных гидро-

моторов.

Самыми распространенными гидромоторами, применяемыми в силовых гидроприводах мобильной техники, являются планетарные [1-10]. Эти гидромоторы допускают форсирование по давлению, устойчиво работают в большом диапазоне изменения частот вращения, имеют высокий КПД и большие моменты страгивания. Преимуществом этих гидромоторов является возможность установки непосредственно в приводной механизм транспортеров, лебедок, битеров, мотор-колес и т.д.

Поэтому, разработка планетарных гидромоторов с различными выходными характеристиками, обусловленными конструктивным исполнением вытеснительного блока, с циклоидальным профилем вытеснителей; механизмом, компенсирующим планетарное движение вытеснителей; распределительной системы, создающей вращающее гидравлическое поле, является одной из актуальных задач развития мобильной техники.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализируя технические требования к активным рабочим органам с низкой частотой вращения и высоким крутящим моментом можно выявить потребность в гидрофикации следующих их групп [1, 2]: бурильная техника (буры); лесозаготовительная техника (харвестерные и другие головки); коммунальная техника (транспортеры, разбрасывающие диски); и как самый крупный потребитель гидрооборудования – сельскохозяйственная техника: машины для внесения минеральных и органических удобрений (разбрасывающие диски, транспортеры); зерно-, кукурузо-, свекло- и картофелеуборочные комбайны (наклонная камера, соломотряс, транспортеры, битеры, копачи, элеваторы, шнеки); машины для химической защиты (транспортеры, мешалки); плодо- и ягодоуборочные машины (транспортеры, вибраторы, вентиляторы).

Анализ гидравлических схем мобильной техники показал [1], что в состав гидроагрегата привода активных рабочих органов мобильной техники, как правило, входят: приводной двигатель, нерегулируемый шестеренный насос, предохранительный клапан непрямого действия и высокомоментный низкооборотный гидромотор роторного типа.

К основным требованиям, которые предъявляются к гидравлическим машинам, которые применяются в гидроагрегатах мобильных машин относятся [4,5]: обеспечение необходимой производительности, мощности или крутящего момента при заданном давлении и максимальном КПД, минимальные габаритные размеры и вес, минимальная сложность и трудоемкость изготовления, надежность работы и большой ресурс, легкость монтажа, простота эксплуатации. Более всего перечисленным требованиям удовлетворяют роторные гидравлические машины, имеющие различные: формы контура рабочей полости: эпитрохоиду (эпициклоиду), гипотрохоиду (гипоциклоиду), шестерню с внутренним зубом различного профиля; конфигурации зубьев вытеснителей (ротора или статора): элементы эпитрохоиды (эпициклоиды), элементы гипотрохоиды (гипоциклоиды), логарифмическую кривую, круговой профиль; виды движения основных рабочих органов: планетарное движение внутреннего ротора, планетарное движение внешнего ротора, вращение внутреннего и внешнего вытеснителей вокруг своих центров; виды кинематической связи ротора с выходным валом: непосредственная жесткая связь, при помощи эксцентрика, зубчатого зацепления или шарнирного и шлицевого соединения; способы синхронизации движения ротора: без силового контакта роторов или ротора с поверхностью рабочей полости статора, посредством взаимодействия роторов или ротора со статором; способы распределения рабочей жидкости: торцевое распределение путем вращающегося или неподвижного торцевого распределителя, внутреннее распределение через отверстия и каналы внутреннего ротора, внешнее распределение через отверстия и каналы в теле статора или внешнего ротора, распределение при помощи цапфенного распределителя, комбинированное распределение; по реверсивности: реверсивные и нереверсивные; по регулируемости: регулируемые и нерегулируемые; по величине крутящего момента и скорости вращения выходного вала: высокомоментные низкооборотные и низкомоментные высокооборотные.

На сегодняшний день наиболее широкое применение в гидроприводах вращательного действия мобильной техники получили аксиально-поршневые, шестеренные и сравнительно новые планетарные и героторные гидромашин [2-5].

Анализ конструктивных особенностей роторных гидромашин показал [1-10], что несмотря на разнообразие гидромашин, используемых в приводах активных рабочих органов мобильной техники только планетарные гидромашин допускают форсирование по давлению, они, в зависимости от кинематической схемы работы вытеснителей могут быть быстро- или тихоходными и могут работать с высоким КПД во всем диапазоне регулирования.

Поэтому при рассмотрении различных типов гидромашин, обуславливающих технический уровень современного силового гидропривода мобильной техники, наибольшего внимания заслуживают гидравлические машины планетарного типа.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработка планетарных гидромоторов с различными выходными характеристиками, обусловленными конструктивным исполнением вытеснительного блока, с циклоидальным профилем вытеснителей; механизмом, компенсирующим планетарное движение вытеснителей; распределительной системы, создающей вращающее гидравлическое поле, является одной из актуальных задач развития силового гидропривода мобильной техники.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для решения поставленной задачи, связанной с гидрофикацией приводов мобильной техники, лабораторией «Гидравлические машины и гидропривод сельскохозяйственной техники» кафедры «Мобильные энергетические средства» Таврического государственного агротехнологического университета разработано ряд гидромашин с планетарным и героторным движениями вытеснителей [8,10,11-16].

Планетарное движение вытеснителей гидромашин характеризуется вращением подвижного вытеснителя 3 (рис. 1) внутри неподвижного вытеснителя 1 со вставными зубьями 2 (роликами).

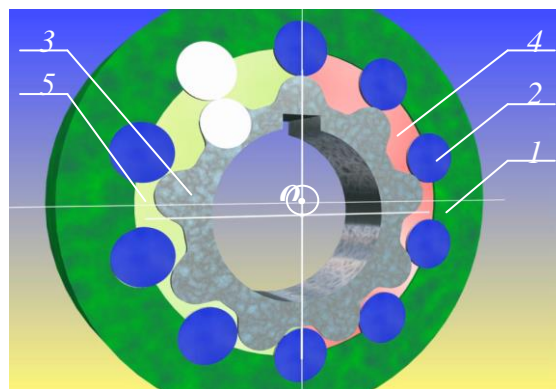


Рис. 1. Планетарное движение вытеснителей: 1 – охватывающий вытеснитель; 2 – зубья (ролики); 3 – охватываемый вытеснитель; 4 – зона нагнетания; 5 – зона слива

Fig. 1. Displacers planetary movement: 1 – external displacer; 2 – teeth (rollers); 3 – internal displacer; 4 – pumping zone; 5 – drain zone

Движение вытеснителя 3 происходит под действием вращающегося гидравлического поля характеризующегося зоной нагнетания 4 и зоной слива 5, которые расположены симметрично. Подвижный вытеснитель 3 вращается в сторону противоположную движению гидравлического поля, при этом центр подвижного вытеснителя 3 движется по окружности относительно неподвижного центра O вытеснителя 1.

Гидромашин с таким движением вытеснителей называют – планетарные (орбитальные). За один оборот гидравлического поля подвижный вытеснитель 3 поворачивается на один зуб, следовательно, полный оборот вал гидромотора (вытеснитель) совершит за количество оборотов гидравлического поля равное числу зубьев этого вытеснителя. По-

этому планетарные гидромашины обладают большим рабочим объемом, а значит, имеют низкую частоту вращения и высокий крутящий момент, а следовательно, используются в качестве гидромоторов.

Планетарное движение вытеснителей используется в гидромоторах с частотой вращения выходного вала:

- 0,5...60 об/мин – низкооборотных;
- 40...600 об/мин – среднеоборотных;
- 500...2500 об/мин – высокооборотных.

Разработано семейство планетарных гидромоторов (рис. 2), состоящее из четырех унифицированных рядов серии ПРГ, представленное гидромоторами номинальной мощностью 33 кВт и рабочим объемом 800...1600 см³ (рис. 2, а), мощностью 22 кВт и с рабочим объемом 160...630 см³ (рис. 2, б), мощностью 11кВт и рабочим объемом 50...200 см³ (рис. 2, в) и мощностью 8 кВт и рабочим объемом 32...125 см³ (рис. 2, г) [17-21].

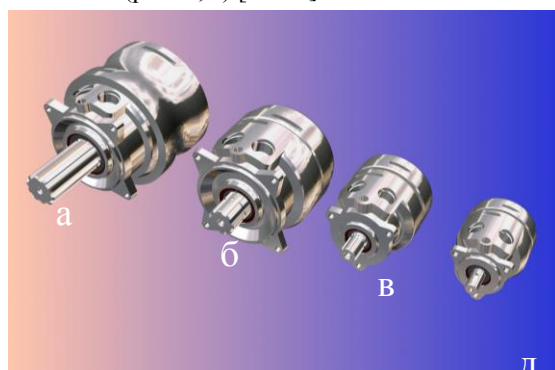


Рис. 2. Семейство унифицированных рядов планетарных гидромоторов серии ПРГ: а – ПРГ-33, б – ПРГ-22, в – ПРГ-11, д – ПРГ-8

Fig. 2. Unified ranges of planetary hydraulic motors series PRG: а – PRG-33, б – PRG-22, в – PRG-11, д – PRG-8

Принцип работы этих гидромашин основан на принципе работы планетарного редуктора (рис. 3).

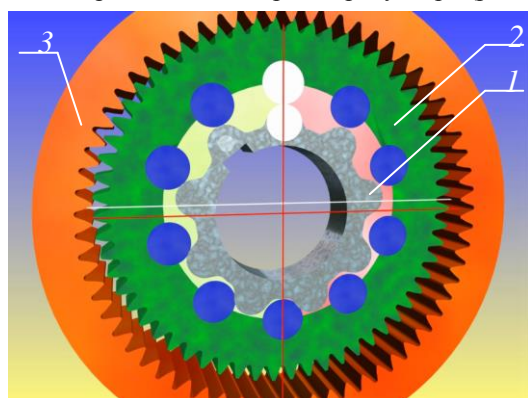


Рис. 3. Схема движения вытеснителей в планетарных гидромоторах семейства унифицированных рядов ПРГ-33, ПРГ-22, ПРГ-11, и ПРГ-8: 1 – охватываемый вытеснитель (солнечная шестерня); 2 – охватывающий вытеснитель (сателлит); 3 – корпус (коронная шестерня)

Fig. 3. The diagram of the displacers movement in the planetary hydraulic motors from series of the PRG-33, PRG-22, PRG-11, PRG-8 unified ranges: 1 – internal displacer (planetary pinion); 2 – external displacer (planetary pinion); 3 – case (crown gear)

Роль солнечной шестерни (рис. 3) выполняет подвижный охватываемый вытеснитель 1. Он вращается концентрично корпусу 3, который выполняет роль коронной шестерни.

Роль сателлита, в данном гидромоторе, выполняет охватывающий вытеснитель 2, который контактирует своими внутренними зубьями с солнечной шестерней 1, образуя гипоциклоидальное зацепление, а внешней зубчатой поверхностью связан с корпусом 3 (коронной шестерней), тем самым компенсируя свое планетарное движение. Водилом, во всех гидромашинах планетарного типа, является рабочая жидкость, сформированная распределительной системой во вращающееся гидравлическое поле.

В планетарных гидромоторах семейства унифицированных рядов (рис. 2), для формирования гидравлического поля, используется торцевая распределительная система (рис. 4), образованная прилегающими поверхностями подвижного распределителя 2 и неподвижного золотника 1, на которых выполнены распределительные окна.

При работе планетарного гидромотора (рис. 4), к неподвижно установленному в крышке (на схеме не показана) золотнику 1 подводится под давлением рабочая жидкость, которая через распределительные ок на 3 попадает в зону нагнетания 5 вращающегося распределителя 2 (на схеме показан прозрачным), где формируется вращающееся гидравлическое поле подводимое к рабочим камерам образованным зубчатыми поверхностями охватывающего 7 и охватываемого 8 вытеснителей. Жидкость, совершившая полезную работу, отводится из рабочих камер через зону слива 6 к одному из кольцевых каналов 4.

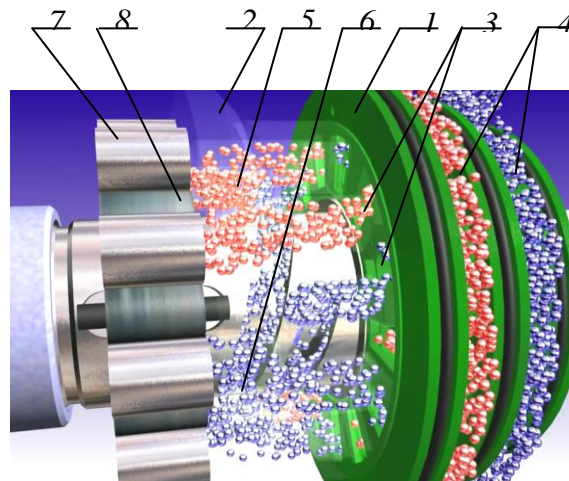


Рис. 4. Принцип работы торцевого распределения рабочей жидкости: 1 – золотник; 2 – распределитель; 3 – распределительные окна; 4 – кольцевые каналы; 5 – зона нагнетания; 6 – зона слива; 7 – охватывающий вытеснитель; 8 – охватываемый вытеснитель

Fig. 4. Principle of operation of the working fluid end distribution: 1 – slide; 2 – distributor; 3 – distributive ports; 4 – ring channels; 5 – pumping zone; 6 – drain zone; 7 – external displacer; 8 – internal displacer.

Для создания планетарных гидромоторов малой мощности [8,9,11] (меньше 8 кВт) был использован принцип компенсации планетарного движения вытеснителя с помощью карданной передачи. Компенсирование планетарного движения вытеснителей с помощью карданной передачи применяется в среднеоборотных и высокооборотных гидромоторах.

Разработанные планетарные гидромоторы рассматриваемого типа (рис. 5) представлены двумя унифицированными рядами ПРГ-2 и ПРГ-7, представленные гидромоторами номинальной мощностью 2 кВт и рабочим объемом 12,5...50 см³ (рис. 5, а) и мощностью 7 кВт и с рабочим объемом 50...400 см³ (рис. 5, б), соответственно.

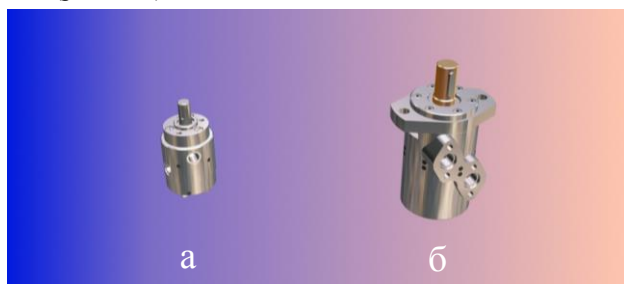


Рис. 5. Планетарные гидромоторы с карданной передачей серии ПРГ: а - ПРГ-2, б - ПРГ-7

Fig. 5. Planetary hydraulic motors with the cardan drive series PRG: а - PRG -2, б - PRG -7

Внутри неподвижного вытеснителя 1 (рис. 6) со вставленными роликами 2 (зубьями), вращается внутренний вытеснитель 3, причем его центр движется по окружности вокруг центра вытеснителя 1, совершая планетарное движение, которое компенсируется в концентрическое вращение вала гидромотора 4 с помощью карданной передачи. Карданная передача состоит из кардана 5 находящегося внутри полого вала 4, который с помощью муфт 6 соединяет вал 4 с подвижным вытеснителем 3.

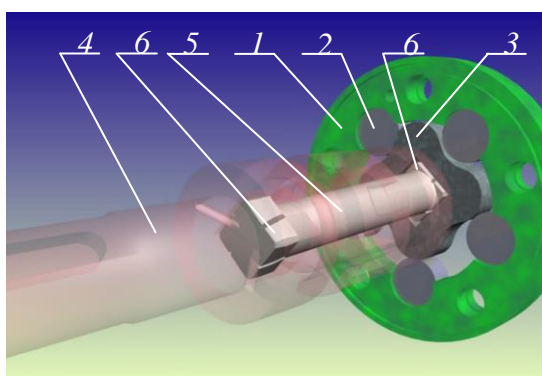


Рис. 6. Компенсирование планетарного движения вытеснителей с помощью карданной передачи: 1 – охватываемый вытеснитель; 2 – ролики; 3 – охватываемый вытеснитель; 4 – вал гидромотора; 5 – кардан; 6 – муфты карданной передачи

Fig. 6. Compensation of the displacers planetary movement by means of cardan drive: 1 – external displacer; 2 – roller; 3 – internal displacer; 4 – hydromotor shaft; 5 – cardan; 6 – cardan drive .

Для формирования гидравлического поля рабочей жидкости, выполняющего роль водителя, в данных гидромоторах используется распределенная система цапфенного типа (рис. 7) представляющая собой вал 6, с выполненными на нем проточками с пазами для подвода 4 и отвода 5 рабочей жидкости, выполняющими роль золотника. Вал 6 гидромотора установлен в корпусе 1, с выполненными в нем радиальными 7 и торцевыми 8 отверстиями, выполняющими роль распределителя.

В корпусе 1 (рис. 7) гидромотора имеется входное отверстие 2, для подвода рабочей жидкости и выходное отверстие 3 для слива рабочей жидкости. Жидкость через отверстия 2, под давление поступает в проточки и пазы нагнетания 4, выполненные на валу 6. Вращающееся гидравлическое поле, в рассматриваемой распределительной системе, формируется пазами нагнетания 4 и радиальными отверстиями 7 и через торцевые отверстия 8 подается в рабочие камеры 9. Отработанная жидкость отводится из рабочих камер через пазы слива 5, систему радиальных 7 и торцевых 8 отверстий к выходному отверстию 3.

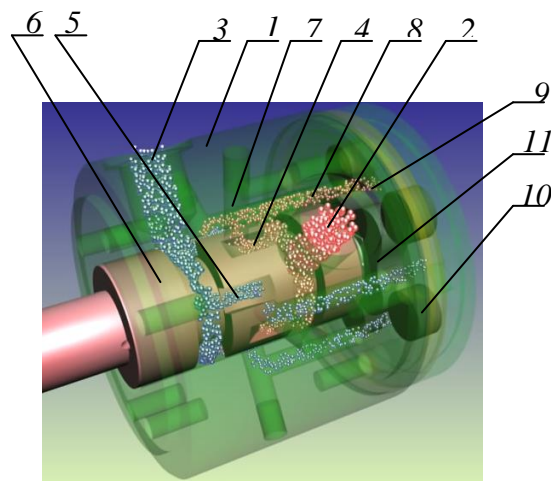


Рис. 7. Принцип работы цапфенной распределительной системы: 1 – корпус; 2 – входное отверстие; 3 – выходное отверстие; 4 – пазы нагнетания; 5 – пазы слива; 6 – вал; 7 – радиальные отверстия; 8 – торцевые отверстия; 9 – рабочие камеры; 10 – охватываемый вытеснитель; 11 – охватываемый вытеснитель

Fig. 7. Principle of journal distribution system operation: 1 – case; 2 – inlet; 3 – outlet; 4 – pumping slots; 5 – drain slots; 6 – shaft; 7 – radial ports; 8 – end ports; 9 – working chambers; 10 – external displacer; 11 – internal displacer.

Для приводов активных рабочих органов мобильной сельскохозяйственной техники нужны гидромоторы с очень большими (более 5000 Н·м) крутящими моментами и низкими (от 0,5 об/мин) частотами вращения. Таким требованиям удовлетворяют специальные гидравлические машины – планетарные гидровращатели [8, 9, 13-16, 22, 23].

Разработанные машины рассматриваемого типа (рис. 8) представлены унифицированным рядом гидровращателей ГВП-18, номинальной мощностью 18 кВт и рабочим объемом 2500...8000 см³.

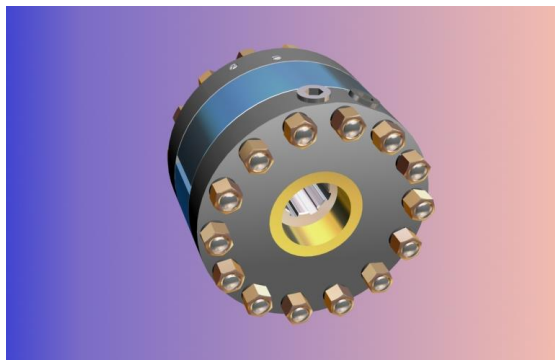


Рис. 8. Гидровращатель планетарного типа ГВП-18

Fig. 8. GVP-18 hydraulic rotator of planetary type

Разработанные гидровращатели серии ГВП-18, представляют собой гидромашины с внешним компенсирующим механизмом планетарного движения вытеснителей (рис. 9).

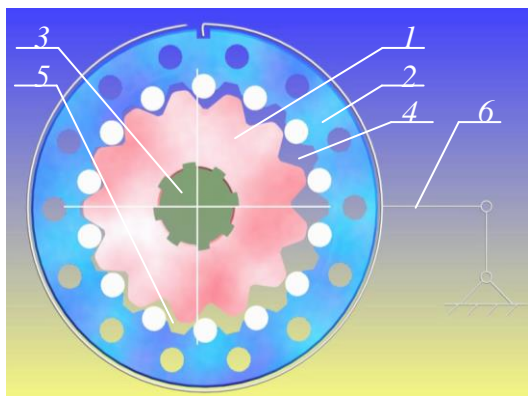


Рис. 9. Компенсирование планетарного движения вытеснителей с помощью внешнего компенсирующего механизма: 1 – охватываемый вытеснитель; 2 – охватывающий вытеснитель; 3 – вал приводного устройства; 4 – зона нагнетания; 5 – зона слива; 6 – двухзвенный рычаг

Fig. 9. Compensation of the displacers planetary movement by means of the outer compensative mechanism: 1 – internal displacer; 2 – internal displacer; 3 – driving shaft; 4 – pumping zone; 5 – drain zone; 6 – two-element lever

Внутри охватывающего вытеснителя 2 катится охватываемый вытеснитель 1, под действием гидравлического поля выполняющего роль водила, как во всех гидромашинах планетарного типа. Подвижный вытеснитель 1 соединен с валом 3 активного рабочего органа мобильной машины при помощи шлицевого соединения и является неподвижным относительно оси вращения вала рабочего органа, а колебательные плоскопараллельные движения совершает охватывающий вытеснитель 2, которые компенсируются с помощью двухзвенного рычага 6.

Для гидромоторов с внешним компенсирующим механизмом используется непосредственное распределение рабочей жидкости (рис. 10). Рабочая жидкость под давлением подается во входное отверстие 5, а сливается через выходное отверстие 6.

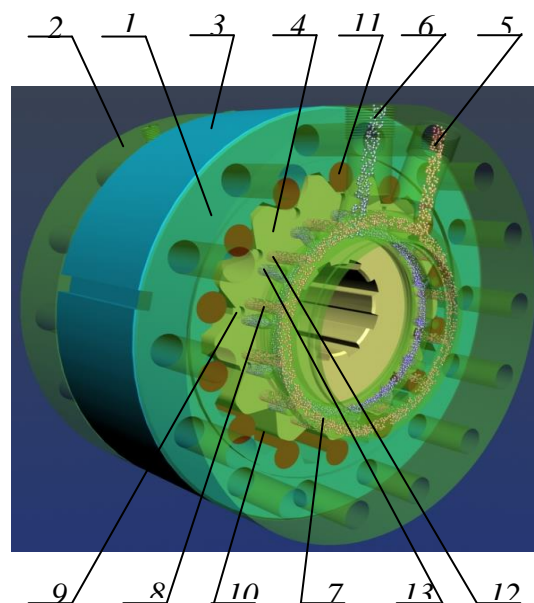


Рис. 10. Принцип работы непосредственной распределительной системы: 1 – правая крышка; 2 – левая крышка; 3 – направляющая; 4 – шестерня; 5 – входное отверстие; 6 – выходное отверстие; 7 – кольцевой канал; 8 – аксиальные отверстия; 9 – распределительные окна; 10 – рабочие камеры; 11 – ролики; 12 – окна нагнетания; 13 – окна слива

Fig. 10. Principle of the direct distributive system operation: 1 – right cover; 2 – left cover; 3 – guide casing; 4 – gear; 5 – inlet; 6 – outlet; 7 – ring channel; 8 – axial ports; 9 – distributing ports; 10 – working chambers; 11 – rollers; 12 – pumping ports; 13 – drain ports

Из входного отверстия рабочая жидкость под давлением поступает в кольцевой канал 7, выполненный в правой крышке 1, и от него одновременно – в аксиальные отверстия 8, откуда через перепускной канал в направляющей 3, поступает в аксиальные отверстия, выполненные в левой крышке 2. Далее жидкость через отверстия 9, выполненные на торцевых поверхностях шестерни 4, поступает в рабочие камеры 10, которые образованы внутренней поверхностью направляющей 3 (охватывающего вытеснителя) с роликами 11 и внешней поверхностью шестерни 4 (охватываемого вытеснителя).

Под действием давления жидкости направляющая 3 начинает обкатываться по шестерне 4, одновременно сообщая ей вращательное движение. Характерное (плоскопараллельное с вращением) движение шестерни 4 относительно торцевых поверхностей золотникового устройства обуславливает перемещение отверстий 9, выполненных на торцевых поверхностях шестерни 4 (распределительное устройство) по торцевой поверхности крышек 1 и 2, в которых выполнены отверстия нагнетания 12 и слива 13 золотникового устройства. Все это и представляет собой непосредственное распределение.

При проектировании высоко- и сверхвысокооборотных гидромоторов используют героторное движение вытеснителей [8, 9, 12].

Героторное движение вытеснителей гидромашин (рис. 11) характеризуется одновременным вращением подвижного вытеснителя 1 и подвижного вытеснителя 3 расположенного внутри вытеснителя 1, при этом каждый из вытеснителей вращается вокруг своего неподвижного центра – O_1 и O_2 , соответственно. Гидромашины с таким движением вытеснителя называют героторными.

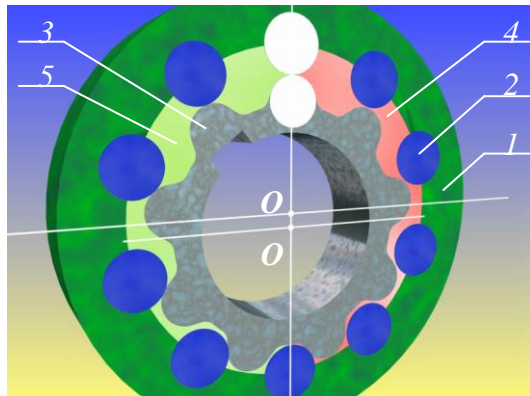


Рис. 11. Героторное движение вытеснителей:

1 – охватывающий вытеснитель; 2 – зубья (ролики); 3 – охватываемый вытеснитель; 4 – зона нагнетания; 5 – зона слива

Fig. 11. Gerotor movement of displacers: 1 – external displacer; 2 – teeth (rollers); 3 – internal displacer; 4 – pumping zone; 5 – drain zone

У гидромашин данного типа гидравлическое поле, представленное зоной нагнетания 4 и зоной слива 5, неподвижно и расположено симметрично линии центров O_1 O_2 . Вытеснитель 3 (вал гидромашины) поворачивается на один оборот, смещаясь при этом на один зуб относительно вытеснителя 1. Героторные гидромашины обладают небольшим рабочим объемом, а значит, имеют высокую частоту вращения и низкий крутящий момент, а следовательно, используются в качестве насосов и высокооборотных гидромоторов.

Разработанные гидромашины данного типа (рис. 12) представлены унифицированным рядом гидромоторов ГГ-11, номинальной мощностью 11 кВт и рабочим объемом 32...80 см³.

Компенсирование героторного движения вытеснителей (роторов) осуществляется путем их фиксированного смещения (рис. 13). Подвижный (охватывающий) вытеснитель 1, со вставными зубьями 2 (роликами), эксцентрично установлен в корпусе 4. Внутри подвижного вытеснителя 1 размещен внутренний вытеснитель 3. Центр вытеснителя 3 расположен соосно с центром корпуса 4, а центр охватывающего вытеснителя 2 смещен на величину межцентрового расстояния (эксцентриситета) зубчатой пары. Такое расположение вытеснителей позволяет им одновременно вращаться каждому вокруг своего центра, при этом гидравлическое поле остается неподвижным.



Рис. 12. Гидромотор героторный ГГ-11

Fig. 12. GG-11 Gerotor hydraulic motor

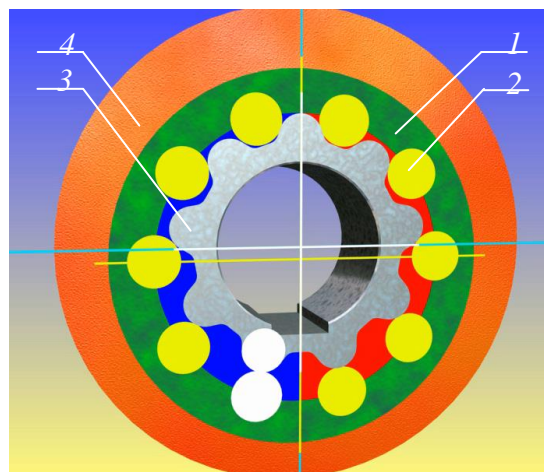


Рис. 13. Компенсирование героторного движения

вытеснителей путем их фиксированного смещения: 1 – охватывающий вытеснитель; 2 – ролики; 3 – охватываемый вытеснитель; 4 – корпус

Fig. 13. Compensation of the displacers gerotor movement by means of their fixed shift: 1 – external displacer; 2 – rollers; 3 – internal displacer; 4 – case

Распределение рабочей жидкости в героторных гидромашинах осуществляется по аналогии обычных шестеренных гидромашин с внутренним зацеплением. Рабочая жидкость (рис. 14) под давлением подается во входное отверстие 5, откуда поступает в серповидное окно 6, выполненное в крышке 1, а затем в рабочие камеры 9, образованные охватывающим 2 и охватываемым 4 вытеснителями.

В режиме гидромотора, поступающая жидкость разжимает вытеснители 2 и 4, заставляя их вращаться. Гидравлическое поле (зона нагнетания 7 и зона слива 8) в данном случае неподвижно. На слив рабочая жидкость поступает аналогично в обратной последовательности.

Рассмотренные планетарные гидромашины: семейство унифицированных рядов планетарных гидромоторов с мощностью от 8 кВт до 33 кВт, гидромашины малой мощности от 2 до 7 кВт, гидровращатели с низкими частотами вращения мощностью 18кВт и героторные гидромашины с высокими частотами вращения мощностью 11 кВт предназначены для гидрофикации приводов активных рабочих органов сельскохозяйственной, строительной, дорожной и др. мобильной техники, и способны обеспечить частоту вращения рабочего органа в диапазоне 0,5–6000 об/мин, при изменении мощности от 2 кВт до 33 кВт.

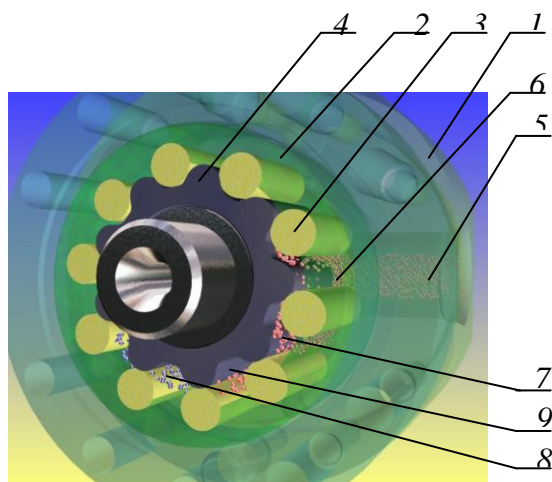


Рис. 14. Принцип распределения рабочей жидкости в героторных гидромашинах: 1 – крышка; 2 – охватывающий вытеснитель; 3 – ролики; 4 – охватываемый вытеснитель; 5 – входное отверстие; 6 – серповидное окно нагнетания; 7 – зона нагнетания; 8 – зона слива; 9 – рабочие камеры

Fig. 14. Principle of the working fluid distribution in gerotor hydraulic machines: 1 – cover; 2 – external displacer; 3 – roller; 4 – internal displacer; 5 – inlet; 6 – crescent-shaped pumping port; 7 – pumping zone; 8 – drain zone; 9 – working chambers

В результате проведенных исследований, разработаны планетарные и героторные гидромоторы с различными выходными характеристиками, обусловленными конструктивным исполнением вытеснительного блока; механизмом, компенсирующим планетарное движение вытеснителей; распределительной системы, создающей вращающее гидравлическое поле. Разработанные планетарные и героторные гидромоторы предназначены для гидрофикации приводов активных рабочих органов сельскохозяйственной, строительной, дорожной и др. мобильной техники, и способны обеспечить частоту вращения рабочего органа в диапазоне 0,5...6000 об/мин, при изменении мощности от 2 кВт до 33 кВт.

ВЫВОДЫ

В зависимости от конструктивного исполнения вытеснительного блока, с циклоидальным профилем вытеснителей; механизма, компенсирующего планетарное движение вытеснителей; распределительной системы, создающей вращающее гидравлическое поле разработаны:

1. Семейство планетарных гидромоторов, состоящее из четырех унифицированных рядов серии ПРГ, представленное гидромоторами номинальной мощностью 33 кВт и рабочим объемом 800...1600 см³, мощностью 22 кВт и рабочим объемом 160...630 см³, мощностью 11 кВт и рабочим объемом 50...200 см³, мощностью 8 кВт и рабочим объемом 32...125 см³,

2. Семейство планетарных гидромоторов малой мощности, состоящее из двух унифицированных рядов серии ПРГ, представленное гидромоторами номинальной мощностью 2 кВт и рабочим

объемом 12,5...50 см³, мощностью 7 кВт и с рабочим объемом 50...400 см³.

3. Унифицированный ряд гидровращателей ГВП-18, номинальной мощностью 18 кВт и рабочим объемом 2500...8000 см³ для приводов активных рабочих органов мобильной техники с очень большими (более 5000 Н·м) крутящими моментами и низкими (от 0,5 об/мин) частотами вращения.

4. Унифицированный ряд героторных гидромоторов ГГ-11, номинальной мощностью 11 кВт и рабочим объемом 32...80 см³ с очень большими частотами вращения.

Разработанные планетарные и героторные гидромоторы предназначены для гидрофикации приводов активных рабочих органов сельскохозяйственной, строительной, дорожной и др. мобильной техники, и способны обеспечить частоту вращения рабочего органа в диапазоне 0,5...6000 об/мин, при изменении мощности от 2 кВт до 33 кВт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Панченко А.И., Волошина А.А., Обернин Ю.П. 2013.** Основные направления гидрофикации мобильной техники. Труды Таврического государственного агротехнологического университета. Мелитополь: ТГАТУ. вып.13, т.6, 3–19.
2. **Волошина А.А. 2013.** Конструктивные особенности гидромашин планетарного типа, применяемых в гидроагрегатах мобильной техники. Научный вестник Таврического государственного агротехнологического университета [Электронный ресурс], Мелитополь: ТГАТУ, вып.3, т.1, 65–86.
3. **Башта Т.М. 1971.** Машиностроительная гидравлика. М.: Машиностроение, 672.
4. **Бирюков В.Н. 1977.** Роторно-поршневые гидравлические машины, М.: Машиностроение, 152.
5. **Ерасов Ф.Н. 1969.** Новые планетарные машины гидравлического привода. Киев, УкрНИИНТИ, 55.
6. **Панченко А.И., Волошина А.А., Золотарев А.Ю., Титов Д.С. 2003.** Перспективы гидрофикации мобильной сельскохозяйственной техники. Промышленная гидравлика и пневматика, №1, 71–74 (Украина).
7. **Панченко А.И. 2006.** Гидромашины для привода активных рабочих органов и ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники. Техника АПК, №3, 11–13 (Украина).
8. **Панченко А.И., Волошина А.А. 2010.** Конструктивные особенности и принцип работы гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей Промышленная гидравлика и пневматика, №3(29), 57–69.
9. **Волошина А.А. 2011.** Классификация планетарных гидромашин, применяемых в силовых гидроприводах мобильной техники. Труды Таврического государственного агротехнологического университета. Мелитополь: ТГАТУ, вып. 11, т.1, 67–85.

10. **Панченко А.И., Волошина А.А. 2012.** Гидромашины с циклоидальной формой вытеснителей, применяемые в силовых гидроприводах мобильной техники. Интердрайв – 2012, Москва, 179–194.
11. **Панченко А.И., Волошина А.А., Зуев А.А., Кувачов В.П. 2012.** Обоснование путей улучшения выходных характеристик планетарных гидромашин малой мощности. Труды Таврического государственного агротехнологического университета. Мелитополь: ТГАТУ, вып.12, т.3, 33–41.
12. **Волошина А.А. 2012.** Конструктивные особенности и принцип работы героторных гидромашин. Научный вестник Таврического государственного агротехнологического университета [Электронный ресурс], Мелитополь: ТГАТУ, вып.2, т.5, 220–226.
13. **Волошина А.А. 2012.** Влияние конструктивных особенностей распределительных систем на выходные характеристики планетарных гидромашин. Труды Таврического государственного агротехнологического университета. Мелитополь: ТГАТУ, вып.12, т.5, 3–9.
14. **Панченко А.И., Волошина А.А., Панченко И.А. 2014.** Методика проектирования элементов вытеснительных систем гидровращателей планетарного типа. Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Х.: НТУ «ХПИ», № 1 (1044), 136–145.
15. **Панченко А.И., Волошина А.А., Панченко И.А. 2014.** Методологические основы проектирования гидравлических вращателей планетарного типа. MOTROL, Vol. 16, No 3, 179–186.
16. **Панченко А.И., Волошина А.А., Засядько А.И. 2014.** Математическая модель высокомоментного гидромотора с упругоинерционной нагрузкой. MOTROL, Vol. 16, No 5, 293–298.
17. **Панченко А.И., Волошина А.А., Панченко И.А. 2014.** Разработка стенда для испытаний унифицированного ряда гидравлических вращателей планетарного типа. Труды Таврического государственного агротехнологического университета. Мелитополь: ТГАТУ, вып. 14, т.4, 39–50.
18. **Панченко А.И., Кюрчев В.Н., Кюрчев С.В., Титов Д.С., Крутиков А.С. 2001.** Гидравлическая машина с циклоидальным внутренним зацеплением. Декларационный патент 37457А, F04C1/08, бюл. №4 (Украина).
19. **Панченко А.И., Кюрчев В.М., Ищенко О.А., Милаева И.И., Золоторев А.Ю. 2001.** Планетарно-роторный гидромотор. Декларационный патент 37477А, F04C2/08, бюл. № 4 (Украина).
20. **Панченко А.И., Кюрчев В.Н., Волошина А.А., Обернихин П.В., Бондарь А.Н. 2001.** Планетарно-роторный гидромотор. Декларационный патент 37478А, F04C2/08, бюл. № 4 (Украина).
21. **Панченко А.И., Волошина А.А., Панченко И.А., Засядько А.И., Обернихин Ю.П., Гуйва С.Д. 2014.** Планетарно-роторный гидромотор. Патент на полезную модель 94047, МПК F04C2/08, бюл. № 20 (Украина).
22. **Андренко П., Свиначенко М. 2009.** Математическая модель гидравлического гасителя пульсаций давления с автоматической подстройкой параметров. MOTROL, №11В, 42–49.
23. **Лурье З., Федоренко И. 2011.** Аппаратно-программный комплекс для определения моментов инерции элементов и в целом мехатронного гидроагрегата системы смазки. MOTROL, №13С, 106–115.

DEVELOPMENT OF PLANETARY HYDRAULIC VOTORS FOR THE POWER HYDRAULIC DRIVES OF MOBILE MACHINERY

Summary. The authors consider the planetary hydraulic motors with different output characteristics which are conditioned by design features of displacing and distributive units. The article includes results of the development of the planetary hydraulic motors series which consists of four unified PRG ranges. The series is represented by hydraulic motors with rated power of 33 kW and working volume of 800...1600 cm³, rated power of 11 kW and working volume of 50...200 cm³, rated power of 8 kW and working volume of 32...125 cm³. Low power planetary hydraulic motors have been developed. They include two unified PRG-2 and PRG-7 ranges with rated power of 2 kW and working volume of 12.5...50 cm³ and rated power of 7 kW and working volume of 40...400 cm³, respectively. The unified range of GPV-18 hydraulic rotators with rated power of 18 kW and working volume of 2500...8000 cm³ and unified range of GG-11 hydraulic motors with rated power of 11 kW and working volume of 32...80 cm³ have been developed. Considered planetary and gerotor hydraulic motors are designed to be used for the active working tools drive in farm, building, road and other mobile machinery. They are able to provide the working tool rotary speed from 0.5 to 6000 revolutions per minute under power change from 2 to 33 kW. According to the specific hydraulic motors design which is conditioned by their output characteristics developed motors differ in the methods of planetary movement of displacers compensation and working fluid distribution.

Key words: planetary hydraulic motor, gerotor hydraulic motor, outer gearing, cardan drive, outer compensative mechanism, end distribution, journal distribution, direct distribution, gerotor distribution, working fluid.